

補助事業番号 2022M-248
補助事業名 2022年度 次世代超電導マグネット向け高温超電導大電流集合導体の開発
補助事業
補助事業者名 関西学院大学・工学部・電気電子応用工学課程・大屋研究室
准教授 大屋 正義

1 研究の概要

小型核融合炉、水素ガスタービン超電導発電機、小型重粒子線治療装置(量子メス)など、持続可能な社会の構築に向けてゲームチェンジャーとなりうる次世代超電導マグネット機器に不可欠な数kA級の高温超電導大電流集合導体の設計・製造技術を開発した。

2 研究の目的と背景

【背景】

カーボンニュートラルに向けてCO2排出量の約4割を占める電力部門の削減は必須である。短期的には、グリーンな液体水素の冷熱を用いて高効率な超電導発電機を冷却し、蒸発した水素ガスをタービンに送って発電する水素ガスタービン超電導発電機を実用化して、低効率な火力発電を置き換えることでCO2排出量を減らし、長期的には、究極のカーボンフリー発電である小型核融合炉によりカーボンニュートラルを達成する。

上記のような次世代超電導マグネット機器の実現には、高温超電導線材を用いた数kA級の大電流集合導体が不可欠だが、国内で製造・販売を行っているメーカーはなく、機器の実用化開発の妨げになっている。

【目的】

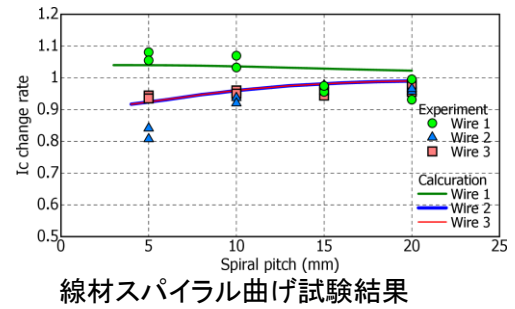
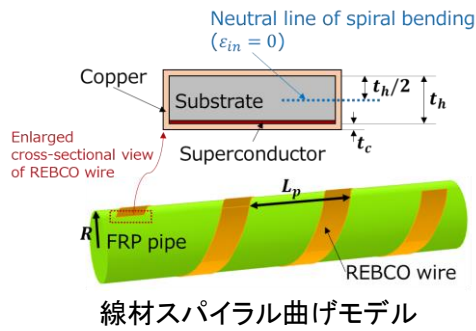
次世代超電導マグネット機器の実用化に不可欠な数kA級の高温超電導大電流集合導体の設計・製造技術を開発する。

3 研究内容

高温超電導大電流集合導体の開発 (<https://www.kg-nanotech.jp/ohya/jka/>)

① 線材スパイラル試験

高温超電導線材の基板厚さや銅メッキ厚、巻芯径やスパイラルピッチ等をパラメータとして、スパイラル曲げ前後の通電特性を検証した。本結果を体系的にとりまとめて設計データベースを構築した。



② 集合導体試作

巻線機を導入し、上記設計データベースをもとに複数仕様の集合導体を試作した。試作集合導体の曲げ試験や側圧試験を行い、導体仕様が機械特性に及ぼす影響を検証した。なお、側圧試験に関しては、200MW級超電導発電機の界磁コイルの概略設計をもとに電磁力と遠心力を計算し、集合導体の応力解析を行って印加する側圧値を決定した。



巻線機



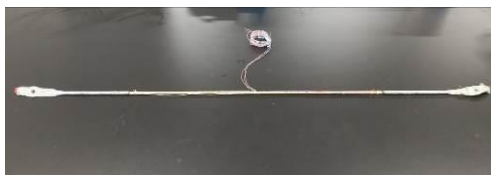
試作集合導体

③ 導体設計指針作成

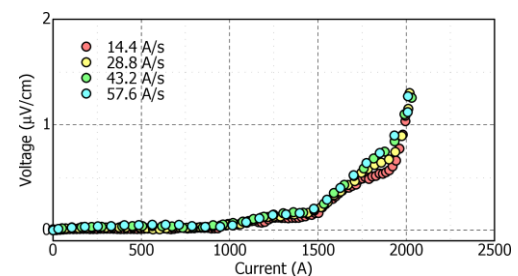
構築したデータベースと集合導体試作結果を融合して、導体要求仕様(外径や許容曲げ径等)に対する導体設計指針を確立した。さらに、導体設計指針をもとに集合導体設計ツール(設計ソフト+計算機)を作成した。

④ 2kA級集合導体試作

導体設計指針をもとに、一例として200MW級超電導発電機の界磁コイルをターゲットとした2kA級の集合導体を設計・試作して、通電特性を検証した。



2kA級集合導体



4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

数kA級の高温超電導大電流集合導体の製造が可能になり、小型核融合、水素ガスタービン超電導発電機、小型粒子線治療装置など、次世代超電導マグネット機器の研究開発が加速して持続可能な社会の実現に貢献する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでの超電導ケーブルと超電導マグネットの研究開発で蓄積した知見とノウハウを生かし、次世代超電導マグネット機器の研究開発を推進していくうえで、キーアイテムとなる高温超電導大電流集合導体の設計・製造技術を確立した。本成果により次ステップである機器開発に進むことができる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

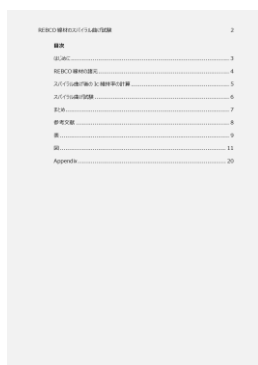
2022年度春期 第103回低温工学・超電導学会 発表1件
2022年度秋期 第104回低温工学・超電導学会 発表1件
令和5年電気学会全国大会 発表2件
電気学会 超電導機器研究会 発表1件
2022年度 第21回磁気力制御・磁場応用夏の学校 発表1件
1st STACY International Symposium 発表1件
Applied Superconducting Conference 2022 発表2件
IEEE Transactions on Applied Superconductivity 査読論文2件

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

技術報告書「REBCO線材のスパイラル曲げ試験」

技術報告書「REBCO集合導体の試作・検証」



(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 関西学院大学工学部(カンセイガクインダイガクコウガクブ)

住 所： 〒669-1330

兵庫県三田市学園上ヶ原1番

担 当 者： 准教授 大屋 正義(オオヤ マサヨシ)

担 当 部 署： 電気電子応用工学課程・大屋研究室

(デンキデンシオウヨウコウガクカテイ・オオヤケンキュウシツ)

E - m a i l : Masayoshi-Ohya@kwansei.ac.jp

U R L : <https://www.kg-nanotech.jp/ohya/>